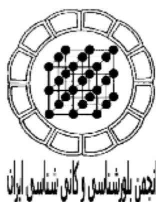
مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران


انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

سال بیست و سوم، شماره‌ی اول، بهار ۹۴، از صفحهٔ ۸۷ تا ۹۴

بررسی شکل‌گیری رنیوم در مولیبدنیت و تاثیر محلول‌های درون‌زاد و برون‌زاد بر توزیع دوباره‌ی آن در سیستم‌های پورفیری

بالنده امین‌زاده

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان

(دریافت مقاله: ۹۲/۸/۳۰، نسخه نهایی: ۹۲/۱۰/۱۸)

چکیده: مولیبدنیت خاستگاه اصلی رنیوم در پوسته‌ی زمین است. در این پژوهش از نتایج داده‌های کانی‌شناسی، آنالیز شیمیایی و بررسی میکروسکوپی الکترونی روبشی برای تاثیر فرایندهای درون‌زاد و سطحی بر رفتار رنیوم در مولیبدنیت استفاده شده‌است. نتایج بررسی پراش پرتو ایکس روی مولیبدنیت نشانگر آن است که مولیبدنیت‌ها به‌صورت ساختار ششگوش‌اند. الگوهای پراکندگی رنیوم در دانه‌های مولیبدنیت بیانگر ته‌نشینی رنیوم به‌صورت همزمان با مولیبدن طی رشد دانه‌های مولیبدنیت است. سیالات گرمابی تاخیری موجب شسته‌شدن رنیوم از مولیبدنیت در منطقه‌ی درون‌زاد می‌شوند. محلول‌های وابسته به دگرسانی رسی در دمای ۱۰۰ درجه‌ی سانتیگراد موجب کاهش رنیوم در مولیبدنیت می‌شوند. مولیبدنیت‌های وابسته به منطقه‌ی برون‌زاد در مقایسه با مولیبدنیت‌های منطقه‌ی درون‌زاد از مقادیر رنیوم کمتری برخوردارند.

واژه‌های کلیدی: *توزیع؛ رنیوم؛ سرچشمه؛ سیستم پورفیری؛ مولیبدنیت.*

مقدمه

رنیوم یک فلز سفید نقره‌ای درخشان با عدد اتمی ۷۵؛ یکی از کمیاب‌ترین عناصر پوسته زمین (با فراوانی ۷×۱۰^{-۸} درصد) است. این فلز دارای کاربردهای گوناگونی نظیر استفاده از آن در تصفیه نفت خام و صنایع الکترونیک، از مقدار بسیار کمی از آن برای تغییر شکل فلزاتی از جمله مولیبدن، تنگستن و تالیم، در ساختار سفینه‌های فضایی، هواپیما، در ساخت کاتالیزور Platinum-Rhenium که در ساخت بنزین سوپر و بدون سرب، به‌عنوان Filament در طیف‌سنج جرمی و اندازه‌گیری‌های یونی، در ساخت لامپ‌های فلاش دوربین‌های عکاسی و نیز سیستم رادیواکتیو Re-Os به‌عنوان یک زمان‌سنج زمین‌شناسی [۱] و به عنوان یک ردیاب ژئوشیمیایی برای حل مسائل زمین‌شناسی کاربرد دارد [۲-۴]. از آنجا که تاکنون تحقیقات لازم در مورد تاثیرهای زیست‌محیطی رنیوم انجام نشده‌است، بنابراین باید در استفاده از آن با احتیاط رفتار شود.

مولیبدنیت به عنوان کانی اصلی حاوی رنیوم در پوسته‌ی زمین شناخته شده‌است. ازاین‌رو تمرکز رنیوم در مولیبدنیت، موجب افزایش ارزش اقتصادی این کانی شده‌است.

مولیبدنیت در طبیعت به دو شکل ششگوش (2H) و لوزی رخ (3R) شناخته شده‌است. ساختمان پلی‌تایپ‌های 2H و 3R در شکل ۱ مقایسه شده‌است.

اتم‌های مولیبدن با ۶ اتم گوگرد به شکل منشور ششگوشی و هر اتم گوگرد نیز به وسیله‌ی ۳ اتم مولیبدن همطراز شده‌است. هر سلول واحد در مولیبدنیت‌های پلی‌تایپ 2H از ۲ لایه و در مولیبدنیت‌های پلی‌تایپ 3R از ۳ لایه تشکیل

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۳۱۹۵۶۶۸۹، نمابر: ۰۳۴۳۳۲۲۲۰۳۵، پست الکترونیکی: Aminzadeh85@gmail.com

شده‌است. ترتیب لایه‌ها در پلی‌تایپ 2H به‌صورت ۱۲۱۲۰۰۰ درحالی‌که در پلی‌تایپ 3R به صورت ۱۲۳۱۲۳۰۰۰ است. معمولاً مولیبدنیت در طبیعت دارای ساختار 2H است. پلی‌تایپ 3R در مقایسه با پلی‌تایپ 2H در طبیعت از فراوانی کمتری برخوردار است.

نیوبری [۵] معتقد است که ساختمان پلی‌تایپ 3R با جانشینی مولیبدن به‌وسیله‌ی رنیوم تا حد زیادی موازنه شده‌است و رابطه مستقیمی بین عیار رنیوم در مولیبدنیت و فراوانی یک نوع پلی‌تایپ پیشنهاد کرده‌است. به عقیده او کوچکتر بودن شعاع Re^{+4} نسبت به Mo^{+4} باعث ایجاد نواقصی در شبکه‌ی بلور شده‌است. این نواقص در شبکه‌ی بلوری مولیبدنیت موجب واکنش‌پذیری بیشتر آن در مقایسه با مولیبدنیت‌های 2H شده‌است. تاثیر دگرسانی‌ها روی کانی مولیبدنیت موجب کاهش رنیوم آن بدون تبدیل ساختمان 3R به 2H می‌شود؛ زیرا طی این فرایند، انرژی لازم برای چرخش لایه‌های S-Mo-S و تبدیل پلی‌تایپ فراهم نیست.

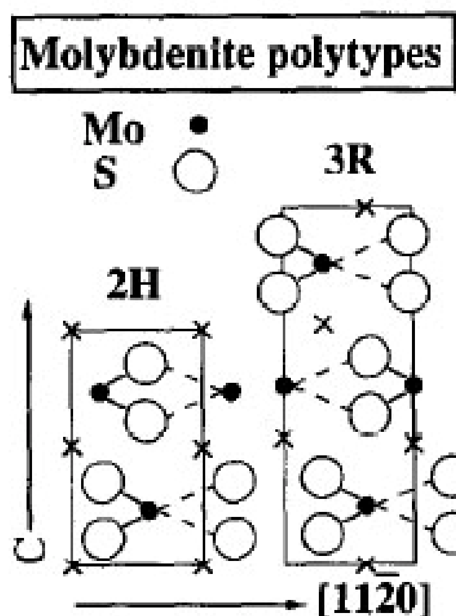
شرایط فیزیکی و شیمیایی حاکم بر کانه‌سازی مولیبدنیت در کانسارها، نظیر دما و فشار، سرعت سردشدن، فعالیت گوگرد در سیستم گرمابی و مقدار جانشینی رنیوم از جمله عواملی هستند که سبب به‌وجودآمدن ۲ نوع ساختار مولیبدنیت می‌شود [۶،۵].

میزان عناصر اصلی در مولیبدنیت‌های هگزاگونال و لوزی رخ تقریباً یکسان است؛ ولی در شرایط زمین‌شناسی مولیبدنیت‌های شش گوش در مقایسه با مولیبدنیت‌های به شکل لوزی رخ از فراوانی بیشتر، مقدار رنیوم کمتر برخوردارند و از ویژگی محلول‌های گرمابی تشکیل‌دهنده‌ی آن‌ها فوگاسیته گوگرد و دمای بالاتر است [۶،۵].

در این بررسی الگوی توزیع رنیوم در مولیبدنیت‌های کانسار سرچشمه برای پی‌بردن به شرایط ته‌نشینی رنیوم از محلول‌های گرمابی اولیه، عامل سیستم کانه‌زایی، و تاثیر دگرسانی‌ها بر مقادیر رنیوم در مولیبدنیت بیان شده‌است.

چگونگی توزیع رنیوم در کانسارهای پورفیری

مولیبدنیت به عنوان کانی اصلی دارای رنیوم در سیستم‌های پورفیری شناخته شده‌است. از جمله عوامل موثر برای تبلور مولیبدنیت از یک محلول حاوی کمپلکس‌های مولیبدانی؛ کاهش دما و فوگاسیته اکسیژن (در گستره SO_2-H_2S) یا واکنش محلول یاد شده با H_2S است [۷]. رمپل و همکاران [۸] معتقدند که موارد یاد شده دلیلی برای همراهی مولیبدنیت با دگرسانی پتاسیک و فیلیک در سیستم‌های پورفیری است.



شکل۱ مقایسه‌ی ساختار بلورهای مولیبدنیت ششگوشی (2H) و لوزی رخ (3R).

کاهش دما عامل موثری برای ته‌نشینی مولیبدنیت از محلول‌های گرمابی حامل مولیبدن در یک سیستم پورفیری است. رنیوم نیز همانند مولیبدن در سیالات گرمابی ماگمایی دمای بالا به‌صورت کمپلکس $HReO_4$ انتقال می‌یابد [۹].

در محلول‌های گرمابی با اکتیویته HCl بالا؛ همبافت‌های مولیبداتی هیدروکسیدی به کلرور اکسیدی تبدیل می‌شود و رنیوم نیز در این شرایط فوق به‌صورت کمپلکس‌های $ReCl^{4+}$ و $ReCl^{3+}$ انتقال می‌یابد [۱۱،۱۰] .

عوامل کنترل‌کننده مقادیر رنیوم در مولیبدنیت‌های کانسارهای پورفیری از نواحی مختلف جهان در مقالات متعددی بررسی شده‌اند. برزینا [۱۲] مقادیر رنیوم از مولیبدنیت‌های ۵۶ کانسار Cu-Mo پورفیری را در اروپا، آسیا، شمال و جنوب آمریکا مقایسه کرده‌است. به عقیده این پژوهشگر مقادیر رنیوم در مولیبدنیت‌ها به‌وسیله‌ی چندین فاکتور کنترل می‌شود که عبارتند از: ترکیب شیمیایی محلول‌های گرمابی تشکیل‌دهنده‌ی کانه، خاستگاه سنگ میزبان، میزان کل مولیبدنیت یک کانسار، شرایط فیزیکوشیمیایی حاکم بر کانه‌سازی (فوگاسیته اکسیژن، فعالیت کلرور، دما و فشار).

مولیبدنیت‌های کانسارهای Cu-Mo پورفیری در مقایسه با کانسارهای Mo و Mo-Cu غنی‌تر از رنیوم هستند. از آنجا که در سیستم‌های پورفیری فقط رنیوم وارد ساختار مولیبدنیت می‌شود؛ لذا یکی از عوامل غنی‌تر بودن رنیوم در مولیبدنیت‌های کانسارهای مس پورفیری، حجم محدود مولیبدنیت در این کانسارها نسبت به مولیبدن پورفیری است. مقدار رنیوم در مولیبدنیت وابسته به خاستگاه مولیبدنیت است. مولیبدنیت‌های متبلورشده از محلول‌ها با خاستگاه ماگمای گوشته‌ای در مقایسه با مولیبدنیت‌های متبلورشده از محلول‌های با خاستگاه ماگمای پوسته‌ای غنی‌تر از رنیوم هستند [۱۳]. استین و همکاران [۱۴] معتقدند که اگر سیستم‌های مولیبدن پورفیری نیز به طور ژنتیکی با ماگماهای با خاستگاه گوشته‌ای وابسته باشند، مولیبدنیت‌های این سیستم‌ها نیز از مقادیر بالایی از رنیوم برخوردارند.

تسالینا و همکاران [۱۵] تمرکز بالای رنیوم در سیستم ماگمایی همراه با سنگ‌های بیرونی ناحیه‌ی kudriavy را محلول‌های گرمابی وابسته به ماگمایی که نتیجه‌ی ذوب رسوب‌های رنیوم‌دار از صفحه فروراننده‌شده آرام و ذوب بخشی جبه می‌داند.

موقعیت زمین‌ساختی سیستم‌های مس-مولیبدن پورفیری شمال یونان پس از برخورد یا بعد از فرورانش (post collision or post subduction) است. سیستم گرمابی کانسارهای یاد شده به ماگماهای ناشی از ذوب بخشی جبه و لیتوسفر وابسته است. موارد فوق دلیلی برای غنی شدگی رنیوم، طلا و عناصر سیدروفیل در سیستم‌های یاد شده بیان شده‌است [۱۶] .

در سیستم‌های Cu-Mo پورفیری واقع در شمال یونان و ارمنستان، مولیبدنیت‌های حاوی بیش از ۱ درصد رنیوم گزارش شده‌است. از جمله این کانسارها عبارتند از Maronia، Melitena و Pagoni Rachi [۱۸،۱۷] .

نتایج بررسی‌های ملفوز و همکاران [۱۷] در کانسار Cu-Mo پورفیری Maronia نشان داده‌اند که ۵۰ درصد مولیبدنیت‌های کانسار یاد شده دارای ساختار 2H و ۵۰ درصد باقیمانده از نوع 3R است. نتایج داده‌های آزمایشگاهی آن‌ها بیانگر آن‌است که تفاوت محسوسی در مقادیر عناصر مولیبدن و گوگرد بین ۲ نوع ساختار مولیبدنیت وجود ندارد؛ ولی غلظت رنیوم در کانسار فوق از ۰٫۱۲ تا ۲٫۸۸ درصد متغیر است. آن‌ها از ادغام نتایج پراش پرتو ایکس (XRD) و نتایج داده‌های شیمیایی مولیبدنیت‌های کانسار یاد شده به این نتیجه رسیدند که مولیبدنیت‌های غنی از رنیوم دارای ساختار 3R و مولیبدنیت‌های 2H فقیر از رنیوم هستند.

وودوریس و همکاران [۱۶] نشان دادند که مقدار رنیوم در مولیبدنیت‌های کانسار Pagoni Rachi در شمال یونان وابسته به سیستم تبلور آن نیست و مولیبدنیت‌ها به‌صورت ششگوشی متبلور شده‌اند.

روش بررسی

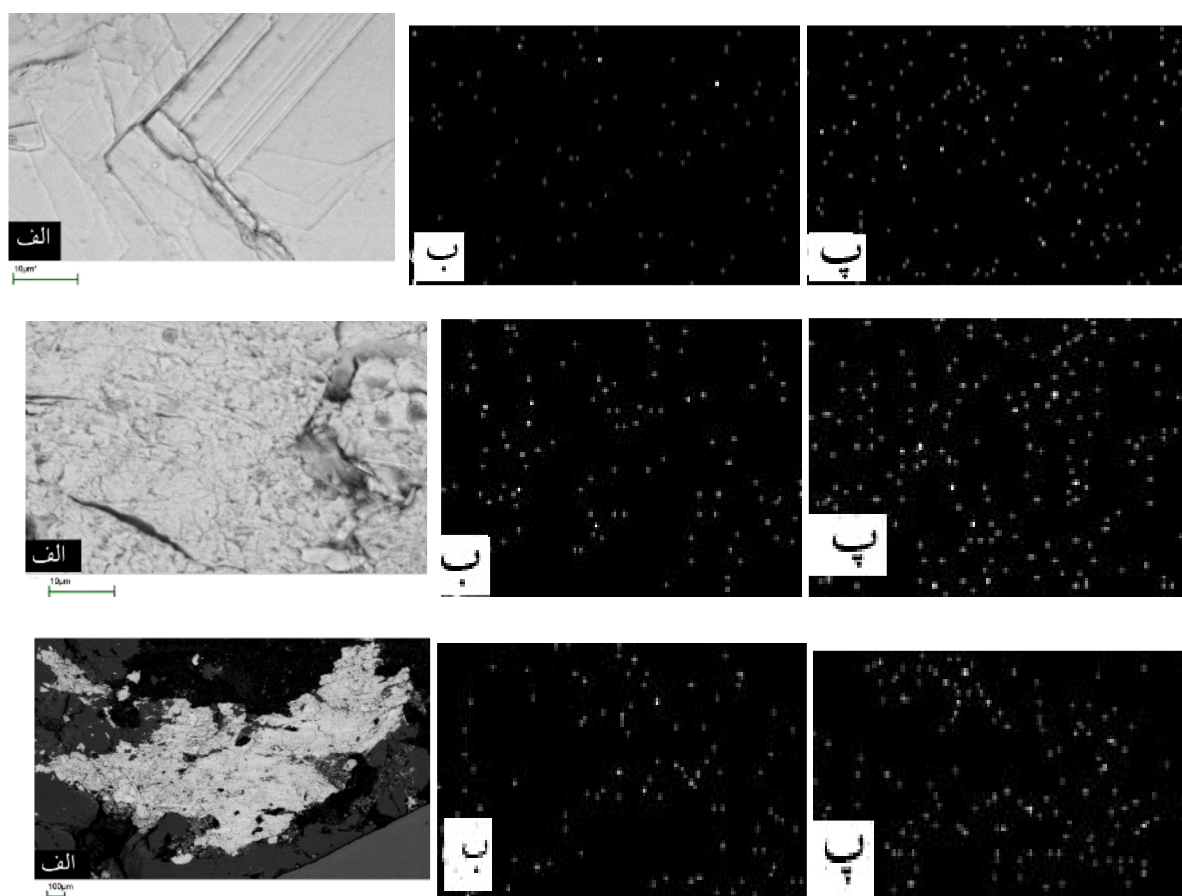
برای بررسی مقادیر رنیوم در مولیبدنیت‌های معدن سرچشمه از رگچه‌های دارای مولیبدنیت نمونه‌برداری شد. غلظت رنیوم در مولیبدنیت‌های جداشده از سنگ معدن (به‌تعداد ۲۵عدد) و سیلیکات های آلومینیوم‌دار ثانویه همراه مولیبدنیت (۸عدد) به‌روش Inductively coupled plasma(ICP-MS) اندازه‌گیری شد. برای شناسایی سیستم تبلور مولیبدنیت روش پراش پرتو ایکس X-ray diffraction (XRD) روی

نمونه‌های مولیبدنیت (۱۴عدد) انجام‌شد. از نمونه‌های حاوی مولیبدنیت مقاطع میکروسکوپی (۳۰عدد) تهیه و به‌منظور چگونگی توزیع رنیوم در مولیبدنیت بررسی میکروسکوپی الکترونی روبشی Scanning electron microscopy (SEM) (۴عدد) صورت گرفت.

کانه‌زایی مولیبدنیت در کانسار سرچشمه معمولاً همراه با کوارتز؛ به صورت رگچه‌ای در مرحله‌ی گرمابی-دگرسانی پتاسیک و پتاسیک-فیلیک طی مرحله‌ی کانه‌سازی اولیه و اصلی مس (کالکوپیریت) رخ داده است [۱۹].

برای شناسایی چگونگی توزیع رنیوم در مولیبدنیت بررسی-های میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM) انجام‌شد. در شکل ۲ پراکندگی رنیوم و گوگرد در ۳ مولیبدنیت بلوری نشان داده شده‌است. باتوجه به حضور پراکنده‌ی رنیوم در مولیبدنیتی می‌توان گفت که ته‌نشینی رنیوم به‌صورت همزمان با مولیبدن طی رشد بلورهای مولیبدنیت رخ داده است. از آنجا که شعاع یونی رنیوم (۰٫۶۳A°) اندکی کوچکتر از شعاع یونی مولیبدن (۰٫۶۵A°) است؛ لذا این عنصر می‌تواند جانشین مولیبدن در مولیبدنیت شود.

در کانسارهای پورفیری با عیار قابل توجه رنیوم، نظیر کانسار Pagoni Rachi (شمال یونان) کانی‌سازی رنیوم به‌صورت رنیت (Rheniite: ReS_2) گزارش شده‌است [۱۶]. نتایج بررسی‌های میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM) روی مولیبدنیت‌های حاوی ۷٫۷ درصد رنیوم توسط وودوریس و همکاران [۱۶] بیانگر رخداد کانی رنیت به بزرگی ۱۵۰ میکرومتر در حاشیه مولیبدنیت است. نتایج بررسی‌های ریز پردازشی الکترونی آن‌ها نشان داد که کانی یاد شده فقط دارای جانشینی بسیار پایین مولیبدن بوده و فاقد عناصر دیگر است.



شکل ۲ الف- تصاویر میکروسکوپی از بلور مولیبدنیت مورد بررسی، ب- تصاویر میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM) توزیع رنیوم و پ- توزیع گوگرد.

غلظت رنیوم اندازه‌گیری‌شده در مولیبدنیت‌های کانسار Mikheev (اورال) بین ۰/۰۱ تا ۰/۲ درصد متغیر است [۲۰]. از الگوهای ترسیم‌شده رنیوم در مولیبدنیت‌های کانسار یاد شده معلوم شد که توزیع رنیوم در آن‌ها بدون هیچگونه نظم مشخصی و به‌صورت پراکنده طی رشد کانی مولیبدنیت رخ داده‌است [۲۰] .

اثر محلول های گرمابی درون‌زاد (هیپوژن) بر غلظت رنیوم در مولیبدنیت

مقادیر رنیوم در مولیبدنیت‌های منطقه‌ی کانسار درون‌زاد سرچشمه بین ۳۴۰ تا ۶۵۰ppm متغیر است. نتایج بررسی‌های دگرسانی در مقیاس میکروسکوپی انجام‌شده روی مقاطع نازک-صیقلی از رگچه‌های دارای مولیبدنیت بیانگر حضور ذرات ریز کانی ایلیت در برخی از نمونه‌هاست. از مقایسه‌ی آنالیز شیمیایی و کانی شناسی در رگچه‌ها، نتیجه می‌شود که نمونه‌هایی که از عیار پایین‌تری از رنیوم برخوردارند (۳۴۰تا ۴۵۰ppm) در مقایسه با نمونه‌های سنگ معدن با عیار بالاتر (۴۷۴ تا ۶۵۰ppm) دارای درصد حجمی بیشتری از ایلیت هستند. به‌عبارت دیگر ارتباط معکوسی بین عیار رنیوم در مولیبدنیت‌های وابسته به این رخداد و درصد حجمی ذرات ایلیت در آن‌ها وجود دارد. مقادیر رنیوم در سیلیکات‌های آلومینیوم‌دار ثانویه (ایلیت) مجاور مولیبدنیت که حاصل دگرسانی آرژیلیک‌اند؛ بین ۱۰ تا۷۰ppm گزارش شد. نتایج بررسی‌های پراش پرتو ایکس (XRD) روی مولیبدنیت‌های با عیار پایین و بالاتر نشان داده‌است که تمامی مولیبدنیت‌های وابسته به کانسار سرچشمه به‌صورت ششگوش‌اند (2H) هستند. در طی تشکیل دگرسانی آرژیلیک شرایط اسیدی است. با توجه به تحرک (mobility) بالای رنیوم در دماهای پایین (۲۵۰-۲۵ درجه‌ی سانتیگراد) در شرایط اسیدی و عدم تحرک مولیبدن در شرایط یاد شده [۲۱]؛ و از آنجا که تقریباً تمامی رنیوم در سیستم‌های گرمابی-ماگمایی وارد ساختار مولیبدنیت می‌شود [۱۶] و دگرسانی آرژیلیک پس از کانه‌سازی مولیبدنیت رخ داده‌است؛ بنابراین تاثیر محلول‌های وابسته به دگرسانی آرژیلیک روی مولیبدنیت موجب خارج‌شدن رنیوم آن بدون تخریب ساختار مولیبدنیت و جذب رنیوم به وسیله‌ی ایلیت شده‌است.

نتایج بررسی‌های مک‌کاندلس و همکاران [۲۳] روی ۲ سنگ معدن حاوی مولیبدنیت از منطقه کانسار درون زاد Eagle (آمریکا) نشان داده که درصد مولیبدنیت‌های دارای ساختار 3R در نمونه‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب ۶۹ و ۸۳ درصد و غلظت رنیوم نیز در نمونه‌های ۱ و ۲ به‌ترتیب ۰/۳۵ و ۰/۰۸ درصد اند. آن‌ها برای پایین‌تر بودن غلظت رنیوم در نمونه‌ی ۲ در مقایسه با نمونه‌ی ۱ به موارد زیر اشاره کرده‌اند: کانه‌زایی مولیبدنیت در کانسار فوق در مرحله‌ی دگرسانی پتاسیک رخ داده‌است و نتایج بررسی‌های کانی‌شناسی روی آن نمونه‌ها نشان‌دهنده‌ی وجود ذرات ریز کانی کلسیت در نمونه ۲ است. وجود کلسیت در نمونه‌ی یاد شده نتیجه تاثیر دگرسانی پروپیلیتیک است. از آنجا که در کانسار یاد شده دگرسانی پروپیلیتیک پس از کانه‌زایی مولیبدنیت رخ داده است؛ لذا آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تاثیر محلول‌های عامل دگرسانی پروپیلیتیک موجب خارج شدن رنیوم از ساختار مولیبدنیت شده‌است.

تاثیر فرآیندهای برون زاد بر عیار رنیوم مولیبدنیت

نتایج حاصل از بررسی‌های کانی‌شناسی در نمونه‌های سنگ معدن بیانگر همراهی تعدادی از نمونه‌های دارای مولیبدنیت با کانه‌های مس شاخص محیط برون‌زاد (سوپرژن) نظیر کالکوسیت و بورنیت است. از آنجا که در سیستم‌های مس-مولیبدن پورفیری محلول‌های گرمابی عامل کانه‌زایی مولیبدنیت درون‌زاد (هیپوژن) هستند، لذا همراهی مولیبدنیت با کالکوسیت نشانه فرآیندهای برون‌زایی پس از تبلور مولیبدنیت است. از مقایسه‌ی مقادیر رنیوم در مولیبدنیت و بررسی‌های میکروسکوپی می‌توان نتیجه‌گرفت که مولیبدنیت‌هایی که پس از تشکیل، تحت تاثیر محلول‌های برون‌زاد قرار گرفته‌اند (دارای مقادیر رنیوم ۲۴۰ تا ۳۲۲ppm)؛ در مقایسه با مولیبدنیت‌های اولیه تشکیل‌شده در منطقه‌ی درون‌زاد، کاهش رنیوم را نشان داده‌اند. با توجه به تفاوت ویژگی‌های ژئوشیمیایی مولیبدن و رنیوم در دماهای پایین‌تر از ۲۵۰ درجه‌ی سانتیگراد؛ با کاهش pH انحلال‌پذیری رنیوم و مولیبدن به ترتیب افزایش و کاهش می‌یابد [۲۱] و همچنین با توجه به نتایج بررسی‌های پراش پرتو ایکس (XRD)

مولیبدنیت‌های منطقه درون‌زاد و مولیبدنیت‌های تحت تاثیر فرآیندهای برونزاد (تمامی آن‌ها به‌صورت ششگوش (2H) هستند) می‌توان نتیجه‌گرفت که تاثیر محلول‌های برونزاد موجب آزادشدن رنیوم بدون تغییر در ساختار مولیبدنیت شده‌است.

در کانسار پورفیری Morenci (آمریکا)، میانگین غلظت رنیوم اندازه‌گیری‌شده در مولیبدنیت‌هایی که پس از تشکیل تحت تاثیر محلول‌های برونزاد قرار گرفته و مولیبدنیت‌های مرکز کانسار (دور از تاثیر محلول‌های برونزاد) به‌ترتیب ۰/۰۱ و ۰/۰۳ درصد است که عامل موثر در تفاوت مقادیر رنیوم مولیبدنیت‌های کانسار فوق؛ تاثیر فرآیندهای برونزاد یاد شده‌است [۲۲].

نتایج آنالیز شیمیایی بایکو و میلر [۲۳] روی کانی فری‌مولیبدیت ($Fe_2(MoO_4)_3.nH_2O$) معدن پورفیری Questa (آمریکا) بیانگر آن‌است که کانی یاد شده در مقایسه با مولیبدنیت‌های اولیه (ششگوش) از مقادیر پایین‌تری از رنیوم برخوردار است. به نظر آن‌ها که محلول‌های با دمای پایین برونزاد، موجب تبدیل مولیبدنیت 2H به فری‌مولیبدیت شد و پیامد آن موجب آزاد شدن رنیوم از مولیبدنیت شده است. با توجه به حضور کانی رسی ایلیت مجاور کانی فری‌مولیبدیت، آن‌ها پیشنهاد کرده‌اند که رنیوم آزاد شده طی فرآیند برون‌زاد جذب کانی‌های رسی شده است. تاثیر هر یک از فرآیندها هوازدگی و دگرگونی روی کانی مولیبدنیت موجب کاهش رنیوم مولیبدنیت می‌شود [۲۲].

از موارد یادشده در بالا می‌توان نتیجه گرفت که در سیستم‌های کانه‌زایی، وقتی مولیبدنیت تحت تاثیر محلول‌های تاخیری درون‌زاد و برون‌زاد قرارگیرد؛ رنیوم در ساختار آن در مقایسه با مولیبدن از ثبات کمتری برخوردار است؛ لذا مولیبدنیت‌ها در طی فرایندهای یاد شده کاهش رنیوم را نشان می‌دهند.

برداشت

ته‌نشینی رنیوم در کانسار سرچشمه به صورت همزمان با مولیبدن طی رشد بلورهای مولیبدنیت رخ داده‌است از مقایسه داده‌های آنالیز شیمیایی، نتایج بررسی‌های پراش پرتو ایکس و دگرسانی نمونه‌های سنگ معدن دارای مولیبدنیت از کانسار سرچشمه، می‌توان نتیجه‌گرفت که مولیبدنیت‌هایی که از عیار پایین‌تری از رنیوم برخوردارند (۳۴۰تا ۴۵۰ppm)؛ در مقایسه با نمونه‌های سنگ معدن با عیار بالاتر رنیوم (۴۷۴تا۶۵۰ppm) دارای درصد حجمی بیشتری از رس هستند. از آنجا که دگرسانی آرژیلیک در کانسار سرچشمه پس از کانه‌سازی مولیبدنیت رخ داده‌است؛ لذا تاثیر محلول‌های وابسته با دگرسانی آرژیلیک روی مولیبدنیت موجب بیرون‌راندن رنیوم بدون تخریب ساختار آن شده‌است. از داده‌های آنالیز شیمیایی و نتایج بررسی‌های کانی‌شناسی در نمونه‌های سنگ معدن کانسار فوق، نتیجه می‌شود که مولیبدنیت‌هایی که پس از تشکیل تحت تاثیر محلول‌های برونزاد قرار گرفته‌اند (دارای مقادیر رنیوم ۲۴۰ تا ۳۲۲ppm)؛ در مقایسه با مولیبدنیت‌های اولیه تشکیل‌شده در منطقه‌ی درونزاد کاهش رنیوم را نشان داده‌اند. همچنین با توجه به نتایج بررسی‌های پراش پرتو ایکس (XRD) روی مولیبدنیت‌های منطقه‌ی درونزاد و مولیبدنیت‌های تحت تاثیر فرآیندهای برونزاد (تمامی آن‌ها به‌صورت ششگوش (2H) هستند) می‌توان نتیجه‌گرفت که تاثیر محلول‌های برونزاد موجب آزادشدن رنیوم بدون تغییر در ساختار مولیبدنیت شده‌است. از موارد فوق و مقایسه‌ی غلظت رنیوم در مناطق برونزاد و درونزاد سیستم‌های پورفیری یادشده در این مقاله می‌توان نتیجه‌گرفت که در سیستم‌های کانه‌زایی وقتی مولیبدنیت تحت تاثیر محلول‌های تاخیری درون‌زاد و برون‌زاد قرارگیرد؛ رنیوم در ساختمان آن در مقایسه با مولیبدن از ثبات کمتری برخوردار است؛ لذا مولیبدنیت‌ها طی فرایندهای یاد شده کاهش رنیوم را نشان می‌دهند.

قدردانی

از هیات تحریریه، نظرات و پیشنهادات سازنده داوران محترم این مجله تقدیر و تشکر می‌شود.

مراجع

[1] Stein H.J., Markey R.J., Morgan J.W., Du A., Sun Y.," *Highly precise and accurate Re-Os ages for molybdenite from East Quling molybdenite*

belt, Shaanxi Provines China" Econ. Geol. 92 (1997) 827-835.

[2] Todorov T., Staikov M., *"Rhenium content in molybdenite from ore mineralizations in Bulgaria"* ,Geologica Balcanica 15 (6) (1985) 45-58.

[3] Ishihara S., *"Rhenium contents of molybdenites in granitoid –series rocks in japan "*Econ. Geol. 83 (1988) 1047-1051

[4] Xiong Y., wood S., *'Hydrothermal transport and deposition of rhenium under subcritical conditions (up to 200 °C) in light of experimental studies"* Econ. Geol. 96 (2001)1429-1444

[5] Newberry R.J.J., *'Polytypism in molybdenite: (II). Relationships between polytypism, ore deposition, alteration stages and rhenium contents"* ,Am. Mineral. 64 (1979)768-775.

[6] Clark A.H., *'Compositional differences between hexagonal and rhombohedral molybdenite"*. Neues Jahrb. Mineral. Monatsh. (1970)33-38.

[7] Hannah J. l., Stein H. J., Wieser M.E., De Laeter J. R., Varner M. D., *'Molybdenum isotope variations in molybdenite: vapour transport and Rayleigh fractionation of Mo "*, Geology. 35 (2007) 703-706.

[8] Rempel k. U., Williams-Jones A. E., Migdisov A. A., *The solubility of molybdenum dioxide and trioxide in HCl-bearing water vapour at 350o C and pressures up to 160 bars*", Geochim. Cosmochim. Acta. 72 (2008)3074-3083.

[9] Stein H. J., Schersten A., Hannah J. L., Markey R. J., *"Subgrain-scale decoupling of Re and 187Os and assessment of laser ablation ICP-MS spot dating in molybdenite*", Geochim. Cosmochim. Acta 67 (2003)3673-3686.

[10] Xiong Y., Wood S., *"Experimental determination of the solubility of ReO2 and dominant oxidation stage in hydrothermal solutions"*, Chem. Geol. 158 (1999)245-259.

[11] Xiong Y., Wood S., *"Expermental determination of the hydrothermal solubility of ReS2 and the Re-ReO2 buffer assemblage and transport of rhenium under supercritical conditions"* Geochem. Trans. 3 (2002) 1-10.

[12] Berzina A.N., Sotnikov V.I., Economou-Eliopoulos M., Eliopoulos D.G., "*Distribution of rhenium in molybdenite from porphyry Cu-Mo and Mo-Cu deposits from Russia (Siberia) and Mongolia*". Ore Geol. Rev.26 (2005) 91-113.

[13] Mao J., Zhang Z., Zhang Z., Du A., "*Re-Os isotopic dating of molybdenites in the Xiaoliugou W-(Mo)deposit in the northern Qulian Mountains and its geological significance"*. Geochemica et Cosmochimica Acta 63(1999)1815-1818.

[14] Stein H.J., Markey R.J., Morgan J.W., Hannah J.L., Schersten A., "*The remarkable Re-Os chronometer in molybdenite: how and why it works*". Terra Nova 13(2001) 479-486.

[15] Tessalina S.G., Yudovskaya M.A., Chaplygin I.V., Birck J.L., Capmas F., "*Sources of unique rhenium enrichment in fumaroles and sulphides at Kudryavy volcano.Geochim*". Cosmochim. Acta 72 (2008) 889-909.

[16] Voudouris P.C., "*Rhenium - rich molybdenite and rhenite in the Pagoni rachi Mo-Cu-Te-Ag-Au prospect, Northern greece: Implications for the Re Geochemistry of porphyry style Cu-Mo and Mo mineralization*" Mineral. Assoc. Canada (2009).

[17] Melfos V., Voudouris P., Arikas K., Vavelidis M., "*High Re concentration in molybdenites from porphyry-Mo Cu in Thrace (NE Greece)*". *Bull. Geol. Soc. Greece*. 36 (2001) 416-423.

[18] Filippidis A., Vavelidis M., Michailidis K., Evangelou E., "*Re-rich and Re poor molybdenite in the Melitena porphyritic intrusion, Rhodope massif*". Fortscr. Mineral. 64 (1986) 47 (abstr)

[۱۹] امین‌زاده ب.، *"مطالعه کانی‌شناسی و ژئوشیمی سیالات درگیر در ارتباط با کانسارسازی مولیبدن در معدن مس سرچشمه و کاربرد آن در بازیابی موثر مولیبدن"*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان (۱۳۸۵) ۱۱۲ صفحه.

[20] Grabezhev A.I., Shagalov E.S., "*Rhenium distribution in Molybdenite: Result of Microprobe*

[22] McCandless T. E., Ruiz J., Campbell A. R., *"Rhenium behavior in molybdenite in hypogene and near- surface environments: implications for Re-Os geochronometry"*, Geochim. Cosmochim. Acta. 57 (1993) 889-905.

[23] Boykov T.F., Miller A.D., *"Behavior of rhenium during weathering of igneous rocks".* Geokhimiya 5 (1980) 773-777.

Scanning (Copper Porphyry deposits, the Urals)". Doklady Earth Sciences. 431 (2010) 351-355

[21] Xiong X.M., Lentz D.R., Sylvester P.J., *"Gold contents of sulfide minerals in granitoids from southwestern New Brunswick"*, Canada, Miner. Deposita. 41, (2006)369-386.